

## **INDICADORES PARA ESTUDIAR EL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD PETROLERA EN LA CALIDAD DE AGUA, SALTA.**

Pasculli Monica Noemi<sup>1</sup>; Plaza, Gloria del Carmen<sup>2</sup> Otero Maria del Carmen<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> CIUNSa, Fac de Ciencias Naturales <sup>2</sup> CONICET, CIUNSa, Fac. de Ingeniería .  
Universidad Nacional de Salta.  
Av Bolivia 5150. Tel 4255516. E-mail: gloria@unsa.edu.ar

### **RESUMEN**

En el norte de Salta, las aguas superficiales son usadas para actividades agropecuarias e industriales, abastecimiento de poblaciones aledañas, recreación, etc. En el presente trabajo se analizan parámetros físicos, químicos y biológicos para evaluar la calidad del agua impactada por la actividad petrolera y su capacidad de autorecuperación. Se seleccionan los indicadores sensibles que pueden ser usados como Indicadores de Condición Ambiental para evaluar el desempeño ambiental de las actividades presentes y futuras de la región.

El río que recibe los efluentes de la actividad productiva muestra valores de DBO (11 mg/l) y fenol (0,054 mg/l) superiores a los valores guías mientras que el oxígeno disuelto (7,3 mg/l) y la presencia de organismos acuáticos indicarían una mediana a baja contaminación y una rápida recuperación de su calidad natural. El arroyo cercano a la actividad de exploración, presenta altas concentraciones de hidrocarburos (4,4 mg/l) y fenol (0,136 mg/l).

### **PALABRAS CLAVES**

Calidad del agua, indicadores de condición ambiental, actividad petrolera, efluentes.

### **INTRODUCCION**

El sector hidrocarburífero se relaciona con el medioambiente por la sobreexplotación de recursos naturales no renovables y su aporte a la contaminación de suelo, agua y aire. Las etapas que provocan impacto ambiental son exploración, perforación, terminación de pozos, producción, transporte, refinación y uso de combustibles (Plaza, 2002).

En el Norte de la provincia de Salta sobre la margen derecha del río Itiyuro, se encuentra ubicada una refinería de petróleo. Los efluentes industriales como así también los cloacales y pluviales de la misma son descargados en corrientes separadas al río Itiyuro.

En las márgenes izquierda del arroyo denominado Seco se ubican tierras donde se tratan los residuos provenientes de la explotación petrolera a los que se aplica la técnica de landfarming. Este predio vuelca los efluentes productos del escurrimiento pluvial en una acequia que finaliza en dicho arroyo.

La calidad del ambiente acuático está determinada por un conjunto de concentraciones, especificaciones y particiones de sustancias físicas, inorgánicas u orgánicas. Así los elementos presentes en las aguas del río Itiyuro tienen origen natural y provienen de rocas, suelo y aire, al que se añaden los elementos procedentes de las actividades de producción y consumo humano.

Para el caso de un curso de agua, las condiciones físicas y químicas deben ser adecuadas para soportar el crecimiento, supervivencia y reproducción de las comunidades bióticas. La calidad expresa la adecuación del agua para sostener varios usos, así es que puede diferenciarse una calidad natural del agua de un curso superficial entendida como el conjunto de características físico, químicas y biológicas que están en su estado natural y la calidad útil definida por las características físico, químicas y biológicas que exigen los distintos usos del agua.

La calidad del agua se evalúa a través de parámetros físicos, químicos y biológicos que son sensibles a los cambios que las distintas actividades provocan sobre la calidad. Existen diferentes niveles guía de calidad del agua según sus usos, recomendados por distintos organismos. En Tabla 1 se detallan algunos valores propuestos.

Los métodos físico-químicos proporcionan una información referida al instante en que se obtuvo la muestra. La importancia de la caracterización biológica del agua reside en la determinación de la carga contaminante y sus efectos a largo plazo y en la capacidad de autodepuración biológica del curso de agua. (Seoanez Calvo, 1999)

Para el monitoreo de la calidad del agua de un río los organismos bioindicadores más utilizados son los invertebrados béticos (que habitan el sustrato). Existen organismos polisaprobios (que soportan bajas concentraciones de oxígeno disuelto), mesosaprobios (que soportan niveles medianos de desoxigenación) y oligosaprobios (los que no toleran niveles bajos de oxígeno); en este último grupo se encuentran representantes de los órdenes *Ephemeroptera* y *Trichoptera*.

Los indicadores de calidad del agua brindan información apropiada para ser usados como Indicadores de Condición Ambiental (ICAs) por las distintas actividades, especialmente la petrolera situadas en la zona en estudio para desarrollar su Evaluación de Desempeño Ambiental (EDA). Esta información ayuda a comprender mejor el impacto real o potencial de los aspectos ambientales de dichas actividades. (Norma ISO 14.031,2000). El Enfoque Presión-Estado-Respuesta (PER) de validéz internacional, proporciona un marco claro para distinguir entre aquellos indicadores de estado, los que miden de alguna forma los orígenes del problema y la respuesta sustentable al mismo. Entre los indicadores de estado del recurso hídrico se han sugerido para la actividad petrolera de la región la concentración de bacterias coliformes fecales en el agua dulce, demanda bioquímica de oxígeno e hidrocarburos totales (Plaza,2002).

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar el impacto que la actividad petrolera produce sobre la calidad regional del agua e identificar los indicadores más sensibles para evaluar el desempeño ambiental de las actividades situadas o por situarse en sus márgenes.

PARAMETRO	AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO AGRICOLA	RECREACIÓN	ACTIVIDADES AGROPECUARIAS	SUMINISTRO PUBLICO	PROTECCION VIDA SILVESTRE
Turbiedad (NTU)				3 NTU <sup>3</sup>	10-50 ppm <sup>1</sup>
Color				5 escala Pt-Co <sup>3</sup> 75 unidades <sup>1</sup>	10% de la luz penetra hasta el fondo <sup>1</sup>
Olor				Sin olores extraños <sup>3</sup>	
Conductividad (us/cm)	1.000 0,7 <sup>2</sup>		-----	-----	-----
Sólidos suspendidos (mg/l)	50		-----	-----	-----
Total de sólidos disueltos(mg/l)	500 0-5.000 <sup>1</sup>		500-10.000 <sup>1</sup>	1.500 <sup>3</sup> 500 <sup>1</sup>	
PH	6,5-8,4 <sup>2</sup> 4,5-9 <sup>1</sup>	5-9 <sup>1</sup>	6-8,5 <sup>1</sup>	6,5-8,5 6-8,5 <sup>1</sup>	
Temperatura(°C)	13-29 <sup>1</sup>			29 <sup>1</sup>	29 <sup>1</sup>
Cloruro	4 meq/l 142 mg/l			350 <sup>3</sup> mg/l	
Nitratos (mg/l)	30			45 <sup>3</sup>	
Fósforo total (mg/l)	5,0				
Oxígeno disuelto		>5	>4 <sup>1</sup>		>5
DBO5		3	3		3
Coliformes fecales NMP/100ml	4.000 <sup>1</sup>			<=3	
Escherichia coli NMP/100ml				ausentes	
Pseudomona aeruginosa NMP/100ml				ausentes	

Tabla 1: Niveles guías de calidad de aguas recomendados por diferentes organismos

Secretaría de Recursos Hídricos (Cuenca del Plata)

<sup>1</sup> FWPCA: Federal Water Pollution Control Act-1948

<sup>2</sup> FAO

<sup>3</sup> Código Alimentario Argentino

## METODOLOGIA

Para el diagnóstico del río Itiyuro, se evaluaron los siguientes puntos.

1. Río Itiyuro a la altura del puente Caraparí a 750 m del Dique Itiyuro: es considerado el nivel de base, es decir el punto donde las condiciones naturales del río no son alteradas por ningún tipo de actividad.

2. Arroyo Capiazuti a 8 km del puente Caraparí, distante unos 800 m de su confluencia con río Itiyuro: recibe efluentes cloacales de poblaciones situadas aguas arriba.
3. Efluente principal de destilería antes de su desembocadura en el río.
4. Río Itiyuro aguas abajo de desembocadura de efluente principal de destilería, 170 m. aguas debajo de desembocadura del efluente principal de refinería.

Para el diagnóstico del arroyo Seco, se evaluaron los siguientes puntos:

5. Arroyo Seco 150 m. aguas arriba de zona de landfarming.
6. Arroyo Seco unos 300 m aguas debajo de zona de landfarming
7. Acequia dentro de zona de landfarming

La ubicación regional de los puntos muestreados se observa en figura 1.

La determinación de la calidad del agua de los cursos en estudio se efectuó con métodos físico-químicos y biológicos. Se determinaron las características físicas y se analizaron sus componentes químicos según Standard Methods, en el método biológico se estudió las comunidades acuáticas y la variación de la estructura de la comunidad biótica con los cambios producidos en el medio.

En una primera instancia se preevaluaron algunos parámetros, fijando los lugares de aforo. En una segunda instancia se procedió a tomar muestras compuestas (100 ml cada metro de la sección del cauce), evaluando algunos parámetros in situ y preservando las muestras para la determinación de otros en laboratorio. Para medir el caudal, la sección del cauce del río se calculó por integración de secciones parciales y la velocidad superficial se ajustó mediante fórmula de Weiss-Bach para hallar la velocidad media.

Se tomaron muestras compuestas de suelo de las margenes del río, entre los 10-20 cm del borde del agua y hasta 15 cm de profundidad para análisis de nematodos, protozoarios (ciliados) y microbiología y se registró la presencia de invertebrados en el agua de la orilla.

Utilizando la Norma ISO 14.031 se seleccionaron los indicadores de condición ambiental para los cursos de agua en estudio según su grado de sensibilidad de acuerdo al método del riesgo asociado. Los mismos sirven para evaluar el desempeño ambiental de las actividades actuales y futuras establecidas en las márgenes de dichos cursos superficiales.

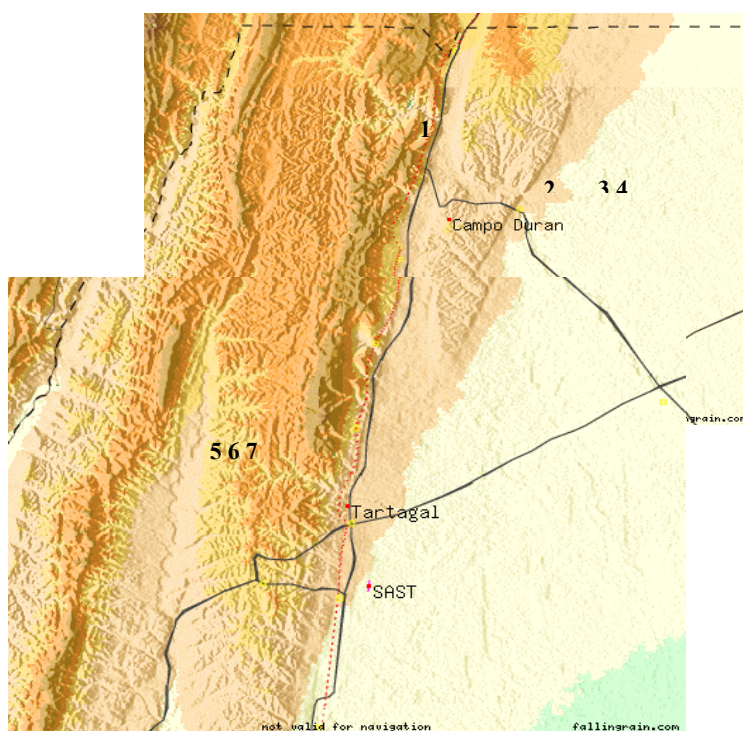


Figura 1: ubicación geográfica de puntos de muestreo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de análisis efectuados en los distintos puntos de muestreo se muestran en Tabla 2

Punto de muestreo	1	2	3	4	5	6	7
<b>Parámetros de agua</b>							
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	1	0,12	0,02	1,22	0,61	0,31	
O.D.(mg/l)	10,9	10	4,6	7,3	NA	2,8	NA
PH	6,67	6,42	5,62	5,56	8,54	8,58	8,38
Conductividad (ms/cm)	1,08	1,21	2,67	1,10	0,57	0,6	1,08
TSD(mg/l)	0,55	0,61	1,34	0,56	0,3	0,3	0,55
Turbiedad (UNT)	22,5	48,7	15,6	16,1			
DQO (mg/l)	6	50	123	18	74	47	236
DBO (mg/l)	1	26	58	11	0,5	0	5
HTP (mg/l)	3	3,2	20	8	4,4		
Sodio (mg/l)	96	105	438	104			
Fenol (mg/l)		Menor 0,01	0,083	0,054	0,107	0,136	0
Sólidos Totales (%)	0,07179	0,08223	0,1884	0,0742			
Sólidos Volátiles (%SV/ST)	26,3736	30,4348	11,4504	19,5804			
Ninfas de efímeras (4)	3	44	0	11			
Vegetales acuáticos (vasculares) (5)	+	+	-	+			
Algas superiores	+	+	-	+			
Ninfas de odonatos (6)	-	-	-	+			
Heterópteros acuáticos (7)	-	-	-	+			
Larvas y pupas de mosquitos (5)	-	+	-	-			
Larvas de tricópteros (5)	-	+	-	-			
<b>Parámetros de suelo</b>							
Nematodos (1)	363	356	333	484	-	-	
Protozoarios (2)	++	+	+	++	-	-	
Microbiología (3)	< 1	< 1	< 1	1,5			
(% HTP/STp/p)	0,082	0,31	0,03	0,71			
Sólidos Totales (%)	78,956	82,4722	86,2183	82,1009			
Sólidos Volátiles (%ST)	0,737	0,9225	0,9006	0,6637			

Tabla 2: Caracterización de los puntos de muestreo en río y efluente de destilería.

(1): cantidad de nematodos en 100 cc de suelo. Todos bacteriófagos. (2): ciliados. Grado de abundancia: + menos de 1000 en 100 cc de suelo; ++: entre 1000 y 10000; +++: más de 10000. (3): Unidades formadoras de colonias (UFC) por 10<sup>9</sup>. (4): cantidad en 5 litros de agua compuestos por 10 submuestras en aproximadamente 100 m lineales de orilla. (5): Sólo presencia (+) o ausencia (-)(6): Sólo presencia o ausencia. Ninfas de libélulas y caballitos del diablo.(7): Sólo presencia o ausencia. Chinchas de agua.

El río Itiyuro se comporta en forma estable en su recorrido oscilando sus parámetros de oxígeno disuelto (OD) de 10,9 a 7,3 mg/l éste ultimo valor se debe al aporte del efluente principal de destilería (4,6 mg/l ). La turbidez refleja los valores característicos del trayecto del curso superficial. La conductividad (2,67 ms/cm) y total de sólidos disueltos (TSD=1,34 mg/l) del efluente de la destilería son perfectamente regulados por el curso de agua (Tabla 2). El pH oscila en niveles no problemáticos para el ambiente acuático.

La DBO supera los valores guías para todo tipo de uso de agua a excepción del punto 1.

Los valores de fenol superan principalmente aguas abajo del vuelco del efluente los 0,02 mg/l con los que la ictiofauna se ve afectada. Por otra parte la OMS indica que para agua potable deben estar ausentes.

Los resultados de los análisis biológicos realizados muestran una composición similar en la nematofauna de todos los lugares muestreados y la presencia constante, si bien variable, de protozoarios y bacterias. Según se observa en la Tabla 2 el único lugar donde no se desarrollan ninfas de efímeras ni otros invertebrados bioindicadores, es en el efluente principal de la destilería, pero éstas se encuentran presentes aguas abajo de desembocar dicho canal en el río. Esta situación indicaría

niveles medianos a bajos de contaminación. Además, aguas abajo aparecen larvas de odonatos, los que junto con las efímeras son organismos considerados como oligosaprobios.

En el caso del arroyo Seco, que recibe el impacto de la actividad petrolera extractiva, los valores de DBO no se correlacionan con los de DQO debido a la inhibición de los microorganismos por algún contaminante posiblemente fenol.

La conductividad y sólidos disueltos están dentro de los valores guías para distintos usos no así el pH que resulta elevado en ambos puntos de muestreo superando el valor de 8. Este parámetro y la presencia de fenol e hidrocarburos elevados en los distintos puntos del arroyo, llevan a evaluar las fuentes de contaminación debida a la distribución en el origen de la cuenta de distintos pozos de explotación. Los valores elevados de éstos parámetros muestran el impacto de la actividad petrolera de la zona en los cursos superficiales lo que se acentúa por el escaso caudal del curso de agua.

Según los valores determinados en el río y el arroyo se procedió a clasificar aquellos parámetros que resultan más apropiados para monitorear la calidad de las aguas y que pueden ser usados como indicadores de estado del recurso agua dentro de los ICAs en la EDAs de las actividades instaladas o por establecerse en el área de influencia de los cursos de agua estudiados. (Tabla 3)

Parametro	Sensibilidad baja	Sensibilidad media	Sensibilidad alta
O.D.(mg/l)			X
PH		X	
Conductividad (ms/cm)	X		
TSD(mg/l)		X	
Turbiedad (UNT)		X	
DQO (mg/l)			X
DBO (mg/l)			X
HTP (mg/l)			X
Sodio (mg/l)	X		
Fenol (mg/l)			X
Ninfas de efímeras (4)			X
Vegetales acuáticos (vasculares) (5)		X	
Algas superiores	X		
Ninfas de odonatos (6)			X
Heterópteros acuáticos (7)		X	
Larvas y pupas de mosquitos (5)	X		
Larvas de tricópteros (5)	X		
Nematodos (1)		X	
Protozoarios (2)		X	
Microbiología (3)			X

Tabla 3: *sensibilidad de indicadores de condición ambiental*

El oxígeno es 30 veces menos abundante en el agua que en el aire y se convierte en un factor limitante para la vida animal y vegetal, además está relacionado con la temperatura y turbulencia del curso de agua. Cualquier perturbación que reduzca los niveles de oxígeno tiene efectos importantes en el funcionamiento de las comunidades y los ecosistemas acuáticos. Es por ello que se elige como indicador sensible al oxígeno disuelto (OD). Relacionado con éste parámetro la demanda química de oxígeno (DQO) permite estimar las materias oxidables presentes en el agua tanto minerales como orgánicas y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) permiten apreciar la carga orgánica del agua.

Los fenoles son compuestos sumamente contaminantes para las aguas siendo su problema característico el olor que producen aún en concentraciones mínimas. Son de mediana biodegradabilidad pero su toxicidad es elevada. Según estas características, un contaminante importante en el río objeto de estudio son los compuestos fenólicos los que conjuntamente con los hidrocarburos se presentan como consecuencia directa de los vertidos de la actividad petrolera.

Los organismos oligosaprobios (efímeras y odonatos) y los microorganismos permiten evaluar la intensidad y extensión de la contaminación a largo plazo debido a que la biocenosis acuática conserva los síntomas de alteración de las propiedades físico-químicas del agua una vez transcurrida la fase aguda de la contaminación.

## CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

El efluente principal de la destilería se caracteriza por la ausencia de organismos comunes a los otros puntos de muestreo, lo que se explica por ser un efluente directo de procesos industriales. No obstante no está provocando una alteración notable en

el río Itiyuro, al observarse una cierta constancia en los organismos presentes y una tendencia a adoptar los valores de los parámetros físico-químicos que se presentan aguas arriba de la destilería.

En el caso del arroyo cercano a la zona de explotación, los análisis de sedimentos muestran ausencia de nematodos y protozoarios lo que se debe a la acumulación temporal de arena y canto rodado.

La ley Provincial de Medio Ambiente N°7.070 debe contemplar la capacidad de autodepuración de los cursos de agua superficial para establecer los niveles máximos de vuelco de los efluentes, capacidad que es factible de ser evaluada con la medición de los indicadores de estado más sensibles. Sin embargo el reglamento de dicha ley contempla los parámetros que deben controlarse sin tener en cuenta las características regionales. Por ello se recomienda usar como Indicadores de Condición Ambiental (ICAs) los parámetros de DQO, DBO, hidrocarburos totales, fenol y los de ninfas de efímeras y odonatos dentro de los parámetros biológicos.

La gestión de los efluentes líquidos en la actividad petrolera no significa un efecto irreversible dadas las características de los cursos superficiales, sin embargo una gestión en la mejora continua aseguraría la sostenibilidad regional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

APHA.1995. American public health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF)( Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater 19° Edition. Eaton, AD. Washington.

Kiely G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Ed Mc Graw Hill.

Norma IRAM-ISO 14.031. 2.001 Evaluación del Desempeño Ambiental.

Pearson H. et al . 1.989. Physico- Chemical Parameters Influencing Fecal Bacterial Survival in Waste Stabilization Ponds, Water Sci. Tech., Vol 19, N12, pp 145-152.

Plaza,G., Royón, F., Vargas, R.. 2.002 .Sostenibilidad de la actividad petrolera en el Noroeste argentino. Congerso IAPG.

Rambow, C.A. and R.O. Sylvester, 1967 Methodology in establishing water quality standards. J. Water Pollution control Federation, Vol. 39, 1115 ,

Seoanez Calvo, M 1999. Ingeniería del Medio Ambiente. Aplicada al medio natural continental. Ed Mundi-Prensa. 2°Edición.,

## ABSTRACT

In north of Salta, the superficial water is used for agriculture and livestock industry, supplying bordering populations, recreation, etc. In this paper are analyzed physical, chemical, and biologic parameters to evaluate water quality and its self-recovery ability after of a petroleum activities. More sensitives indicators are selected which can be used like Environment Condition Indicators to evaluate the performance of present and future regional activities.

The river which receive the production activity wastewater shows values of DBO (11mg/l) and phenol (0,054 mg/l), higher than the guide values while the dissolved oxygen (7,3 mg/l), and the presense of acuatic organisms indicates a lower pollution and a quick recovering of its natural quality. The brook near the explotación activity present high hydrocarbon (4,4 mg/l) and phenol (0,136 mg/l) concentrations.

## Key Words

Water quality, environment indicators, petroleum refinery, wastewater.